



(12) PATENTSKRIFT

Patent- og
Varemærkestyrelsen

- (51) Int.Cl.: F 03 D 7/04 F 03 D 9/00 H 02 P 5/415 H 02 P 7/635 H 02 P 9/48
(21) Patentansøgning nr: PA 2002 01196
(22) Indleveringsdag: 2002-08-10
(24) Løbedag: 2002-08-10
(41) Alm. tilgængelig: 2004-02-11
(45) Patentets meddelelse bkg. den: 2004-09-27
- (73) Patenthaver: Ulrik Krabbe, Ellekildehavevej 20, 3140 Ålsgårde, Danmark
(72) Opfinder: Ulrik Krabbe, Ellekildehavevej 20, 3140 Ålsgårde, Danmark

(54) Benævnelse: Fremgangsmåde til styring af en vindmølles omdrejningstal

(57) Sammendrag:

Patentet handler om en vindmølle med drejelige vinger og en asynkron generator, hvor rotor og stator begge har flerfasede viklinger med samme pøltal. Statoren er koblet direkte til et forsyningsnet. Rotoren er via en ensretter koblet til en jævnstrømsmotor hvis aksel er koblet til vindmøllens gearkasse. Ved at variere motorens magnetisering kan man ændre den effekt som flyder fra generatorens rotorkreds til jævnstrømsmaskinens anker og derved ændre generatorens slip og mølleakslens omdrejningstal. Dette kan udnyttes på to områder:

1. beskyttelse af møllen mod overbelastning.

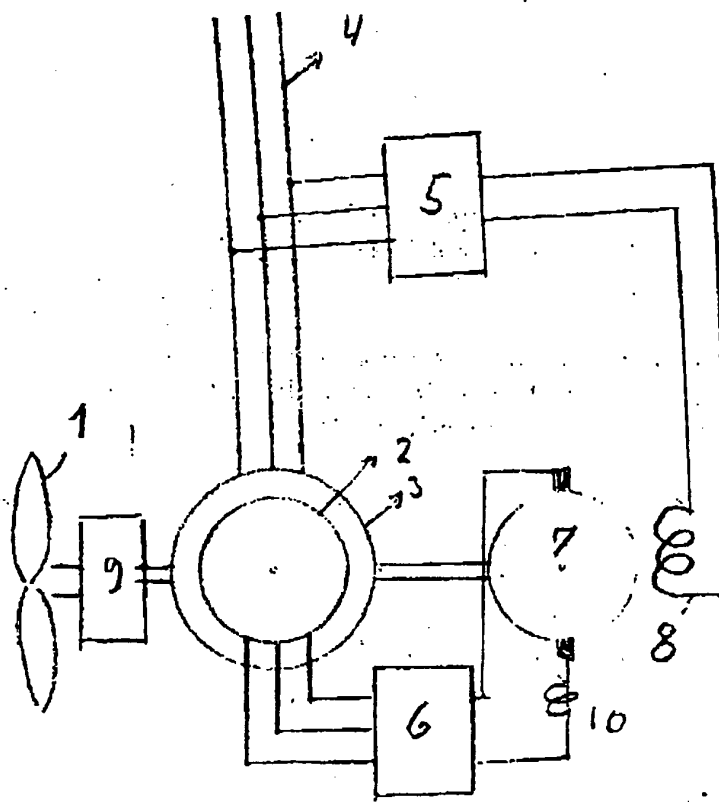
Hvis generatorbelastningen overskrider en vis grænse drejes vingerne så den aerodynamiske virkningsgrad aftager. Samtidig forstærkes strømmen i jævnstrømsmaskinens shuntvikling så omdrejningstallet stiger. Herved lagres der kinetisk energi i vinger og rotor, hvorved generatorbelastningen aftager.

2. effektudjævning.

De hastige variationer i generatorens afgivne effekt fremkaldt af af hastige variationer i vindhastighed udjævnes ved, at en momentan stigning i generatoreffekten forøger magnetiseringen af jævnstrømsmotoren, hvorved mølleakslens omdrejningstal stiger, og der lagres kinetisk energi i vinger og rotor, og den forøgede effekt fra generatoren reduceres.

Den samme virkning som opnås ved en forøgelse af shuntviklingens strøm kan opnås ved at anvende styrede ensrettere (6) og nedstyre dem.

Anordningen udmærker sig ved anvendelse af simple og i mange år gennemprøvede komponenter, som giver høj driftsikkerhed. Kompliceret og kostbar elektronik i form af frekvensomformere er undgået.



Denne opfindelse handler om vindmøller med såkaldt
pitchregulering dvs med drejelige vinger, og med en såkaldt
slæberingsgenerator dvs. en dobbeltviklet asynkron generator, koblet til
mølleakslen gennem et gear. Den handler om en metode til at påvirke
omdrejningstallet hurtigt, hvilket har betydning for møllens funktion.

Generelt gælder, at forholdet mellem den tilførte effekt fra vingerne
og den afgivne effekt til generatoren ændrer sig når omdrejningstallet f
eks målt på mølleakslen er stigende eller faldende. Det skyldes, at ved
stigende omdrejningstal lagres der kinetisk energi i vinger og
generatorens rotor som formindsker akseeffekten. ved faldende
omdrejningstal afleveres der på tilsvarende måde effekt til akslen, udover
den effekt som stammer fra vinden.

Variation af en vindmøllens omdrejningstal er derfor et middel til i
givne situationer at påvirke generatorens afgivne effekt.

Ved pitchregulering kan man påvirke akseeffekten, men den er ikke
hurtigtvirkende, hvorfor man har brug for et hurtigere indgreb især for
at beskytte møllen imod overlast ved f eks kortvarig stigning i
vindhastigheden.

Det variable omdrejningstal benyttes udover overlastbeskyttelsen til
at opnå en udjævning af de variationer i generatorens afgivne effekt som
fremkaldes af vindstød og dereaf følgende variationer i generatorens
afgivne effekt til forsyningsnettet. Dette beskrives senere.

Det grundlæggende princip i fremgangsmåden for styring af
omdrejningstallet baseres på anvendelse af en induktionsgenerator,
med viklinger i rotor og stator.

Princippet baseres på at generatorens stator er forbundet til et
forsyningsnet. Man kan ved passende udtag af effekt fra rotoren forøge
generatorens slip dvs få højere omdrejningstal. Hvis den effekt man
udtager formindskes, reduceres omdrejningstallet.

I den foreliggende opfindelse sker variationen af den effekt som
udtages ved at ensrette spændingerne fra rotoren og føde effekten ind i
en jævnstrømsmotor som er koblet til mølleakslen.

Effekten fra rotoren til jævnstrømsmaskinen kan forøges på to
måder: 1 ved at forøge motorspændingen ved at forøge shuntviklingens
strøm.

2 ved at bruge styrede ensrettere som kan reduce ensretterens
afgivne spænding.

0 Der findes mere komplicerede konstruktioner til opnåelse af variable omdrejningstal for vindmøller. Fordelen ved den foreliggende opfindelse er, at man med en meget simpel opbygning får løst to styringsproblemer: overbelastningsbelyttelse og effektudjævning.

Det sker udelukkende med komponenter som alle har stået deres
5 prøve gennem mange år. Specielt er kompliceret elektronik såsom frekvensomformere undgået. Det sker også på effektøkonomisk måde, idet den effekt man tager ud fra rotoren tilbageføres til akslen.

Ifølge opfindelsen tilvejebringes en fremgangsmåde som angivet i krav
1.

10 I det følgende skal opfindelsen nærmere forklares med henvisning til figuren, som omfatter de stærkstrømstekniske komponenter af møllens elektriske udrustning.

(1) er møllevingerne som forudsættes drejelige. (pitchregulerede). Via en gearkasse (9) er de koblet til den asynkrone generator (2-3) med
15 statoren (2) og rotoren (3). Stator og rotor er forsynede med flerfasede viklinger med samme poltal.

Desuden er en jævnstrømsmotor (7-8) koblet til en udgående aksel fra gearkassen. (7) er jævnstrømsmotorens anker og (8) er dens shuntvikling. (10) kan være en serievikling eller en kompensationsvikling som kan
20 ændre jævnstrømsmotorens karakteristisk.

(5) er en automatisk regulator og ensretter som fra forsyningsnettet (4) forsyner shuntviklingen (8) med strøm og som omfatter en styring, som bestemmer feltstrømmens størrelse i relation til møllens parametre.

En ensretter (6), styret eller ustyret er mellemed mellem generatorens rotor og jævnstrømsmotorens anker.
25

Vindmøllen er forsynet med diverse måleanordninger som måler: vindhastighed, vindretning, generatorstrøm, spænding og effekt, jævnstrømsmotorens spænding m m. Måleresultaterne fra et eller flere af disse anordninger bestemmer møllens automatiske styring.

30 Det fremgår af det ovenstående, at der bortset fra afbrydere, bremses og lignende er to uafhængige parametre som styrer vindmøllen: Vinge-vinklen og jævnstrømsmotorens magnetisering.

A. Normal drift.

Fra rotoren flyder en nogenlunde konstant strøm fra generatorens
35 rotor til jævnstrømsmotoren som er nogenlunde proportional med generatorens effekt. Jævnstrømsmotorens spænding holdes på en værdi over nul, hvilket bestemmer generatorens slip. Hvis der bliver en pludselig sænkning af vindhastigheden, falder generatoreffekten som påvirker shuntstrømmen til lavere værdi. eller nul. Dette vil sænke
40 slippet og omdrejningstallet, hvorved vinger og rotor afgiver kinetisk energi til generatoren som mindsker faldet i afgiven generatoreffekt.

Vingernes vinkel påvirkes ikke under dette forløb af ovenstående.

Hvis der omvendt sker en pludselig stigning i vindhastigheden forøges shuntstrømmen og generatorens effekt formindskes med det resultat at omdrejningstallet forøges og der lagres energi i vinger og rotor og generatoreffekten reduceres.

B. Ved begyndende overbelastning.

Generatoreffekten måles, og overskrider denne en ønsket værdi, drejes vingerne for at mindske effekten.

Vingedrejningen er normalt for langsom. Derfor sker der samtidig det, at shuntstrømmens afhængighed af generatoreffekten, når den stiger over en vis værdi, får shuntstrømmen til at stige, hvorved slippet på generatoren og omdrejningstallet stiger og der lagres kinetisk energi i vinger og rotor, så generatoreffekten begrænses. Dette finder sted indtil vingedrejningen har nået at reducere den effekt som vingerne overfører til akslen.

C. Minimering af hurtige effektvariationer.

Den effektudjævning som opnås er afhængig af ændringen af shuntstrømmen ved et vist spring i vindhastigheden og generatoreffekten.

For at få bedst mulig udjævning kan man justere den ændring man får i shuntstrømmen ved et vist spring i vindhastigheden. Dette kan gøres ved at behandle det elektriske signal som kommer fra måleudrustningen for generatoreffekt eller vindhastighed. Man danner med en elektrisk kreds den tidsafledede af signalet som adderes til signalet. Det gøres for eksempel med en kreds med kondensator og modstand.

En signalændring forstærkes, men forstærkningsgraden klinger ud med en tidskonstant bestemt af en kondensator og en modstand. Da turbulensen i vinden kan have forskellig karakter afhængig af vindmøllens omgivelser, gøres kondensator og modstand justerbare for at få den bedste effektudjævning, eller der anvendes andre kendte elektroniske midler til at variere styrke og tidskonstant.

Dette må fremhæves som en væsentlig fordel i sammenligning med andre vindmøller.

Den hastighed, hvormed shuntstrømmen kan ændres afhænger af jævnstrømsmotorens konstruktion.

Den afhænger også af den effekt som lægges bag spændingskilden til shuntstrømmen. Hvis det findes at være ufordelagtigt at dimensionere denne stor for at få virkningen hurtig, kan man gå en anden vej: at bruge styrede halvledere i enheden (6). I stedet for eller i kombination med styringen af shuntstrømmen kan man styre spændingen afgivet fra (6) til jævnstrømsankeret (7), således at en forøgelse af shuntstrømmen svarer til en reduktion af den ensrettede spænding fra (6) og omvendt.

Jævnstrømsmotorens effekt er beskeden i forhold til generator-effekten.

- 0 Erfaringer viser, at for at beskytte mod overlast for vindmøller med rimelig vingedrejningshastighed behøves i størrelseordenen 10% af generatorens mærkeeffekt.

Patentkrav

1 Fremgangsmåde til styring af en nettilsluttet vindmølles

5 omdrejningstal med henblik på overbelastningsbeskyttelse ved høj vindhastighed eller effektudjævning ved varierende vindhastighed, -hvor vindmøllen har drejelige vinger (pitchregulering), som blandt andet benyttes til begrænsning af generatoreffekten ved høj vindhastighed eller optimering af den aerodynamiske virkningsgrad ved forskellige
10 vindhastigheder,

-hvor generatoren (2-3) gennem en gearkasse (9) er koblet til vingerne, (1) og generatoren er en asynkron generator med primærvikling (stator) (3) og sekundærvikling (rotor) (2), som begge er forsynede med flerfasede viklinger med samme poltal,

15 -hvor generatorens primærvikling (3) er direkte koblet til et elnet (4) med i hovedsag konstant frekvens, k e n d e t e g n e t ved at generatorens sekundærvikling (2) gennem ensretterelementer (6) er koblet til ankeret (7) hos en jævnstrøms-motor, som er koblet til gearkassen (9), og hvor det variable omdrejningstal for mølleakslen opnås ved styring af den
20 effekt som ledes fra generatorens sekundærvikling (2) til ankeret (7).

2 Fremgangsmåde i henhold til krav 1, k e n d e t e g n e t ved at effekten fra sekundærviklingen (2) til ankeret (7) styres af strømmen i shuntviklingen (8).

3 Fremgangsmåde i henhold til krav 1, k e n d e t e g n e t ved at effekten fra sekundærviklingen (2) til ankeret (7) styres ved anvendelse af
25 af styrede ensrettere (6) f eks tyristorer.

4 Fremgangsmåde i henhold til krav 1, 2 og/eller 3, k e n d e t e g n e t ved at styringen af effekten fra sekundærviklingen (2) til ankeret (7) gøres afhængig af signaler som repræsenterer vindhastigheden eller
30 generatoreffekten.

5 Fremgangsmåde i henhold til krav 1, 2 og/eller 3, k e n d e t e g n e t ved at signalerne til styring af ændringen af omdrejningstallet af møllevingerne ved effektudjævning signalbehandles elektrisk, så virkningen forstærkes, men forsvinder med en tidskonstant hvor
35 forstærkning og tidskonstant kan indstilles efter møllens lokale forhold.

6 Fremgangsmåde i henhold til krav 1-4 k e n d e t e g n e t ved at den overførte effekt fra rotorkredsen (2) til ankeret (7) igangsættes hvis generatoreffekten overstiger en hvis grænse, og dette kombineres med at en vingdrejning sættes i gang som reducerer den aerodynamiske
40 virkningsgrad.

- 0 7 Fremgangsmåde i henhold til krav 1-5 k e n d e t e g n e t ved, at vingedrejningen gøres afhængig af vindhastigheden, således at der ved hver vindhastighed opnås størst mulig aerodynamisk virkningsgrad.

